

BARBARA ÁLVAREZ¹, JUAN M. POSADA²,
y FRANCISCO PROVENZANO¹

¹*Instituto de Zoología Tropical, Universidad Central de Venezuela
Apartado Postal 47058
Caracas, Venezuela 1041-A*

²*Departamento de Biología de Organismos, Universidad Simón Bolívar
Apartado Postal 89000
Caracas, Venezuela 1080-A*

RESUMEN

Epinephelus guttatus representa un recurso ligeramente explotado en Los Roques. El presente estudio está orientado a determinar su fecundidad potencial anual y frecuencia de desove. Se examinaron 819 ejemplares, capturados comercialmente entre enero (12) y febrero (20) de 2003. La talla de las hembras 645 hembras capturadas osciló entre 265 y 520 mm LT ($385,3 \pm 55,7$ mm). Se observó que las hembras de enero fueron significativamente mayores a las de febrero ($H_{(1, N=645)} = 119,62$; $p = 0,0000$). Se emplearon 353 hembras, cuyo tamaño estaba por encima de la talla a la cual madura el 50% de las mismas (380 mm), a fin de determinar los valores promedio diarios del Índice Gonadosomático, que alcanzaron los niveles máximos en los días cercanos a la luna llena de cada mes. Para esos días, se analizó la variación en la frecuencia de diámetro de los ovocitos en 97 ovarios, observándose un patrón de distribución unimodal, excepto en los días de luna llena, donde se registró la presencia simultánea de ovocitos hidratados y vitelogénicos. El desove, alrededor de la luna llena de enero y febrero, fue confirmado con el análisis histológico de 24 gónadas, que revelaron la presencia de folículos post-ovulatorios. La fecundidad potencial anual se determinó en $1.470.803 \pm 176.356,81$ ovocitos, encontrándose que los valores estimados en enero superan a los de febrero. Se concluye que la fecundidad es determinada, sospechándose que las hembras de mayor talla liberan la totalidad de sus huevos entre enero y febrero, mientras que las hembras más pequeñas podrían estar siendo relegadas a desovar en febrero. Por ello, se recomienda que para estudios de dinámica poblacional y establecimiento de modelos pesqueros se utilice el promedio de fecundidad de enero.

PALABRAS CLAVES: Fecundidad, *Epinephelus guttatus*, Los Roques, Venezuela

Annual Potential Fecundity of *Epinephelus guttatus* in the Los Roques Archipelago National Park, Venezuela

Epinephelus guttatus represents a resource slightly exploited in Los Roques. The present study is oriented to determine its annual potential fecundity and frequency of spawning. A total of 819 specimens, commercially captured among January (12) and February (20) of 2003, were examined. The size of 645 females captured oscillated between 265 and 520 mm LT (385.3 ± 55.7 mm). It was observed that the females of January were significantly larger than those of February ($H_{(1, N = 645)} = 119.62$; $p = 0.0000$). A sample of 353 females, whose size was above the size to which 50% are reproductively mature (380 mm), were employed to determine the mean daily values of the Gonadosomatic Index, that reached the maximum levels in the days close to the full moon of each month. For those days, the variation in the frequency of diameter of the ovocitos in 97 ovaries was analyzed, being observed a unimodal distributional pattern, except in the days of full moon, where it was registered the simultaneous presence hydrated and vitellogenic oocytes. The spawning, around the full moon of January and February, was confirmed with the histological analysis of 24 gonads, that revealed the presence of post-ovulatory follicles. The annual potential fecundity was determined in $1.470.803 \pm 176.356,81$ oocytes, being found that the values estimated in January surpass to those of February. It is concluded that the fecundity of this species is determined, being suspected that the females of greater size release all their eggs between January and February, while the smallest females could be being relegated to spawn in February. It is recommended that population dynamics studies and the implementation of fishery models use the mean average fecundity estimates of January.

KEY WORDS: Fecundity, *Epinephelus guttatus*, Los Roques, Venezuela

INTRODUCCIÓN

La fecundidad es un término que generalmente se emplea para describir el número total de ovocitos presentes en un ovario maduro, muchas veces sin tomar en cuenta el estado de desarrollo de los mismos, así como el tipo de fecundidad de la especie (determinada o indeterminada). Hunter y Macewicz (1985) definen que la fecundidad será determinada cuando el número de ovocitos maduros (vitelogénicos) está fijado antes del inicio de la puesta anual, sin que ocurra un reclutamiento de estos a partir del lote de reserva de ovocitos inmaduros (previtelogénicos). En caso contrario, la fecundidad será indeterminada.

La evidencia tradicional de fecundidad determinada es la existencia de una separación marcada entre los ovocitos (o sus clases de diámetros) que maduran para una inminente temporada reproductiva y el reservorio de ovocitos inmaduros presentes en el ovario durante todo el año (Yamamoto 1956, Hunter y Macewicz 1985). Lo contrario será evidencia de fecundidad indeterminada.

De esta manera, en especies con fecundidad indeterminada la fecundidad

anual (número total de óvulos producidos por hembra, por año) sólo podrá ser estimada mediante la sumatoria de las fecundidades parciales, contabilizadas a lo largo de los consecutivos eventos de desove que se presentan y su fecundidad potencial anual (número de ovocitos vitelogénicos que maduran por año, sin tener en cuenta las pérdidas por atresia) no podrá ser estimada antes del comienzo de la época de desove. En contraste, en especies con fecundidad determinada la fecundidad anual es igual a la fecundidad potencial anual, y ésta se fija antes del comienzo de la época de desove, ya que no hay un aporte de nuevos ovocitos vitelogénicos una vez que ha comenzado el desove.

Estudios de fecundidad realizados en el mero tofía, *Epinephelus guttatus* (Linnaeus 1758), señalan que su fecundidad es determinada (Sadovy et al. 1994, Falfán 2003). Esta especie pertenece a la subfamilia Epinephelinae (Pisces, Serranidae) y se distribuye geográficamente desde el Golfo de México y el Mar Caribe, hasta Brasil. En Venezuela es una especie muy común, pero ha sido escasamente estudiada, salvo por el trabajo de Pérez-Villarroel (1982), quien confirmó la existencia de un breve período reproductivo, el cual se extiende entre los meses de enero a marzo.

El presente estudio es el primero en Venezuela dedicado a cuantificar la fecundidad de *E. guttatus* y permitirá incrementar los conocimientos de la biología reproductiva de la especie, ya que se evaluará el proceso de desove, en una base diaria, a lo largo de la temporada reproductiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en el Parque Nacional Archipiélago Los Roques, el cual se ubica a 157 km al norte de la costa central de Venezuela. El trabajo de campo se desarrolló en un período de 40 días continuos, comprendidos entre el 12 de enero (inicio del cuarto creciente lunar) y el 20 de febrero del 2003 (inicio del cuarto menguante).

Las muestras de *E. guttatus* se obtuvieron a partir de las capturas comerciales, siendo procesados hasta un máximo de 30 ejemplares diarios. A cada uno de los ejemplares examinados se le estimó el peso total (PT), la longitud total (LT) y la longitud estándar (LE). Posteriormente se realizó una disección en la región ventral del pez para exponer las gónadas y determinar el sexo, procediéndose a extraer únicamente las de las hembras, las cuales fueron pesadas (PG). Se estableció microscópicamente el estadio de madurez sexual de cada ovario, utilizando para ello el criterio de cuatro categorías de Pérez-Villarroel (1982) y Sadovy et al. (1994): Inmaduro o en reposo, maduro, maduro activo y desovados.

Posteriormente se tomaron aleatoriamente un máximo de cinco ovarios diarios y sus lóbulos fueron separados. Uno de ellos fue fijado en formaldehído al 10% y fue preservado para su eventual análisis histológico. El otro lóbulo se fijó en formaldehído al 2% y se destinó para la cuantificación de diámetros de los ovocitos, así como para caracterizar la frecuencia de desove y magnitud de la fecundidad.

Se determinó la talla de madurez sexual de las hembras, registrando la LT del ejemplar más pequeño con ovarios maduros (a nivel macroscópico), así como determinando la talla a la cual madura el 50% de la población de

hembras. Para ello se utilizó una regresión no lineal, ajustada a la función logística (Sokal y Rohlf, 1995):

$$Y = 100 / (1 + e^{(-a(X-b)})$$

Donde Y es el porcentaje de hembras maduras en función de los intervalos de tallas, b corresponde a la talla a la cual el 50% de la población de hembras es madura y X es la LT (en mm).

El Índice Gonadosomático (IGS) fue calculado para determinar los cambios diarios de la actividad reproductiva y precisar el pico de desove para la especie. Para ello se utilizó la siguiente relación de Htun-Han (1978):

$$IGS = [PG / PT] * 100$$

Donde PT es el peso total de la hembra y PG el peso del ovario.

La distribución de frecuencia de diámetro de los ovocitos se estimó a partir de 97 lóbulos. En cada uno de ellos se midieron, con un micrómetro ocular, los diámetros de 150 ovocitos, los cuales fueron organizados en intervalos de 0,049 mm cada uno. Se realizó una prueba Chi-cuadrado (Sokal y Rohlf 1995) y un análisis de residuales estandarizados (Bulla 2003), a fin de determinar si la frecuencia de diámetros de los ovocitos variaba con el tiempo.

Toda esta información fue utilizada para establecer el intervalo de tiempo donde se sospecha se inicia y termina el proceso de desove. Se procedió entonces a examinar microscópicamente los lóbulos de las hembras capturadas en ese intervalo, a fin de detectar la presencia de ovocitos hidratados y/o folículos post-ovulatorios.

Para estimar la fecundidad potencial anual (FPA) se usó el método gravimétrico. Se pesaron los ovarios y se tomaron tres submuestras de peso conocido, entre 0,01 y 0,02 gr. Posteriormente se contaron los ovocitos contenidos en dichas submuestras y se extrapolaron al peso total de la gónada según la ecuación: $FPA = (PG \times n) / PM$, donde PG es el peso del ovario en gramos, n es el número de ovocitos en cada submuestra y PM es el peso de la muestra (Hunter et al. 1992).

RESULTADOS

De los 819 ejemplares capturados, unas 645 resultaron hembras, cuyas tallas oscilaron entre 265 y 520 mm de LT ($385,3 \pm 55,7$ mm). Las hembras capturadas en enero presentaron tallas significativamente superiores a las colectadas en febrero (Kruskal-Wallis: $H_{(1, N=645)} = 119,6251$; $p = 0,0000$). Este comportamiento también se observó en los machos (Kruskal-Wallis: $H_{(1, N=174)} = 44,03522$; $p = 0,0000$).

La Figura 1 presenta la distribución de frecuencias de los distintos estadios de desarrollo gonadal, en su base diaria. Allí se puede apreciar que el porcentaje de ovarios maduros activos aumenta en los días cercanos a la luna llena (tanto entre el 16 y 20 de enero, como entre el 17 y 20 de febrero), así como entre los días 20 y 29 de enero es mayor el porcentaje de ovarios desovados. Igualmente se apreció que el número de hembras inactivas o en reposo incrementó entre los días intermedios a las lunas llenas de enero y febrero.

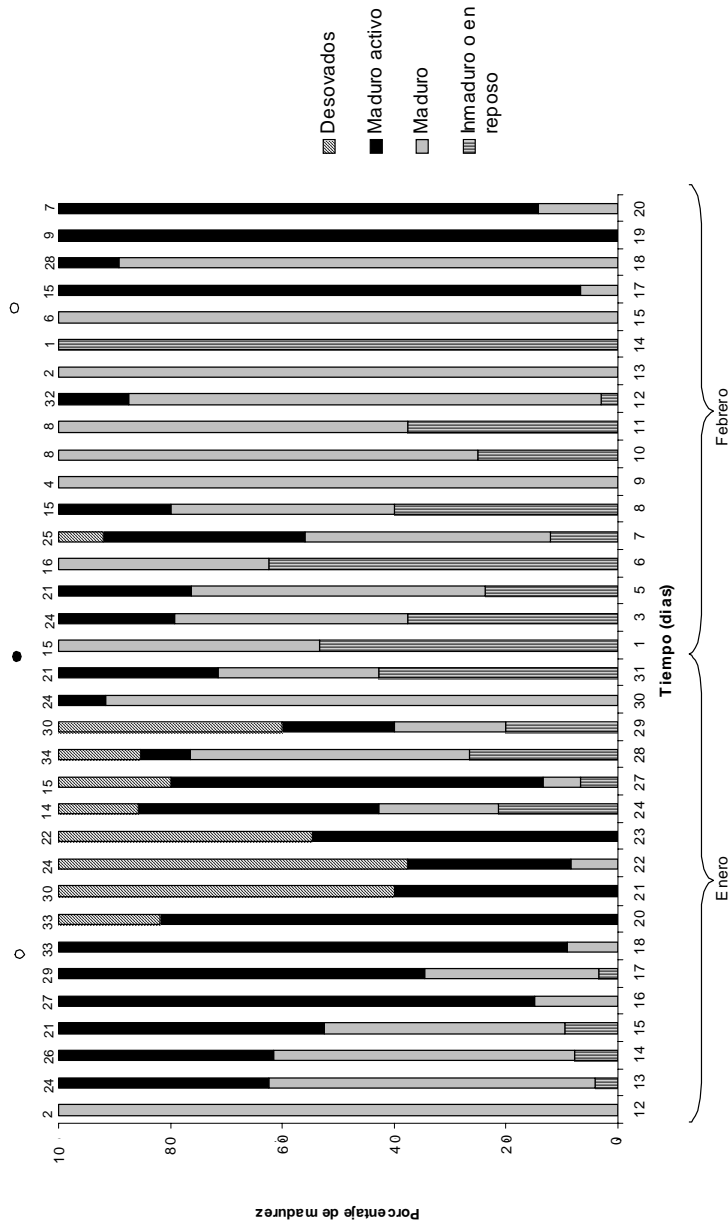


Figura 1. Distribución de frecuencia de aparición de los distintos estadios de madurez del ovario de *E. guttatus*, entre el 12 de enero y el 20 de febrero de 2003. Los círculos claros representan la luna llena y el oscuro a la luna nueva. Los números sobre las barras indican la cantidad de hembras capturadas en ese día.

La hembra de menor talla que presentó gónadas maduras midió 270 mm LT. Sin embargo, la talla a la cual madura el 50 % de la población de hembras se estimó en 380 mm de LT (Figura 2). Para utilizar un criterio más conservador en la interpretación de los resultados, el resto de los análisis será realizado tomando en cuenta solo a la población de hembras cuyas tallas fueran iguales o superiores 380 mm LT ($n = 353$). De esta manera se aseguró el no incluir en el análisis a hembras descritas microscópicamente como maduras, sin que en realidad lo estuvieran.

Estos resultados coinciden con lo observado en el análisis de IGS para las hembras sexualmente activas (Figura 3). Allí se puede apreciar un primer incremento en dicho valor hacia el día 18 de enero (8,95; coincidiendo con la luna llena de ese mes), fecha después de la cual se observa una caída en el índice, con lo cual se sospecha que ha ocurrido un desove. Este valor aumenta hasta alcanzar un máximo promedio de 9,88 el 20 de febrero (4 días después de la luna llena), fecha en la que se sospecha se presenta el segundo evento de desove.

El número total de óvulos medidos en el presente estudio fue de 14.700, observándose que el diámetro de los mismos osciló entre 0,35 y 1,29 mm (vitelogénicos entre 0,3 y 0,6 mm e hidratados entre 0,7 y 1,29 mm). En la Tabla 1 se observa que el intervalo de diámetros se amplía entre los días 18 y 21 de enero, y 19 y 20 de febrero, sospechándose que entre esas fechas ocurre el desove.

Las pruebas de Chi-cuadrado confirman las diferencias en la distribución de frecuencias de diámetros en los ovocitos examinados en los diferentes días del mes de enero ($X^2 = 10088,05$; g.l = 208 y $p = 0,00000$) y febrero ($X^2 = 7593,13$; g.l = 169 y $p = 0,00000$), así como el análisis de residuales estandarizados realizado entre los días 12 y 31 de enero del 2003 y entre los días 19 y 20 de febrero se asocian positiva y de forma estadísticamente significativa con los diámetros de ovocitos comprendidos entre 0,70 y 1,00 mm (ovocitos hidratados).

El análisis microscópico de las gónadas se limitó a las hembras maduras, maduras activas y posiblemente desovadas, colectadas entre los días 17 al 24 de enero y 19 y 20 de febrero de 2003, a fin de confirmar la apreciación obtenida en base a la evidencia anterior, de que entre estas fechas es que ocurre el desove (Figura 4). Así se puede apreciar que en el día 17 de enero predominan los ovocitos maduros activos sobre los inmaduros y maduros inactivos, evidenciando esto la presencia de un ovario maduro. Para el día 18 se observaron ovocitos hidratados, mientras que los ovocitos maduros inactivos presentaron una menor frecuencia. Sin embargo, la presencia simultánea del grupo de ovocitos maduros activos, hidratados y folículos post-ovulatorios se puede presentar como evidencia de una ovulación asincrónica. Lo mismo se puede apreciar en los cortes correspondientes a los días 20 y 21 de febrero, donde se observa una clara predominancia numérica de los ovocitos hidratados respecto a los otros estadios (Figura 4).

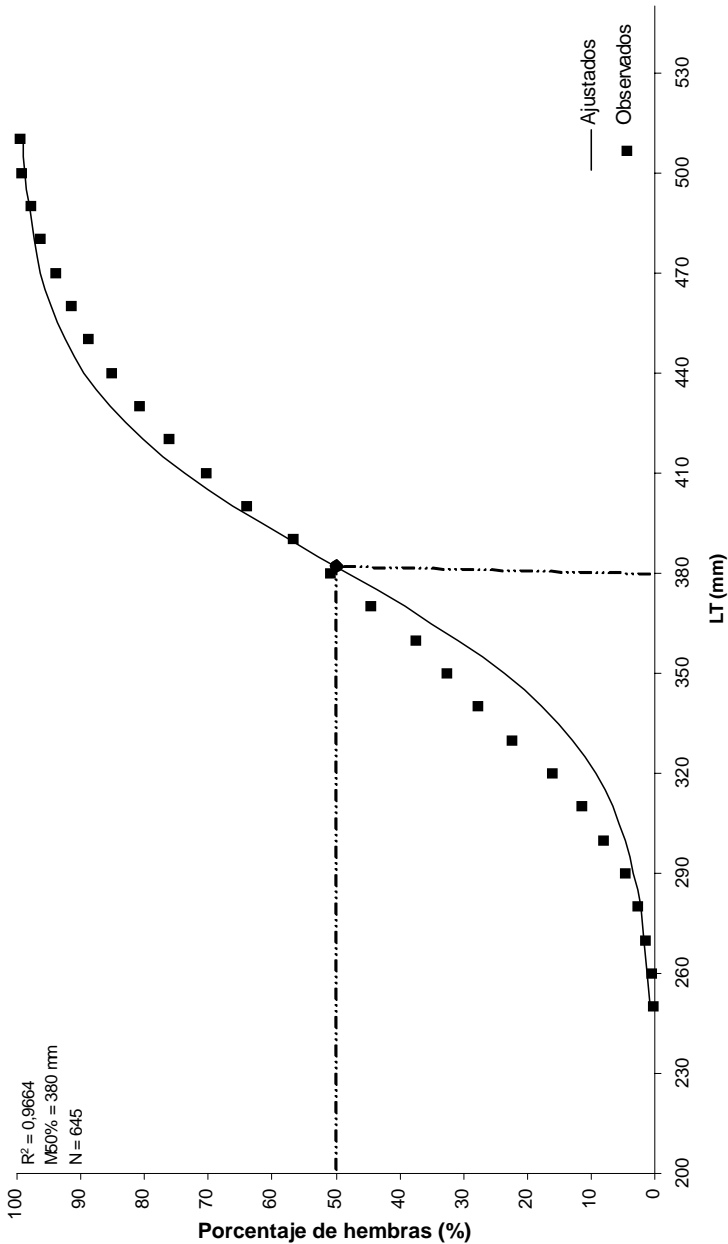


Figura 2. Relación entre la talla y el porcentaje de hembras de *E. guttatus*, capturadas entre el 12 de enero y el 20 de febrero de 2003. La línea continua corresponde a la curva que predice la función logística. El punto de inflexión muestra la talla a la cual el 50% de la población de hembras se encuentra sexualmente madura.

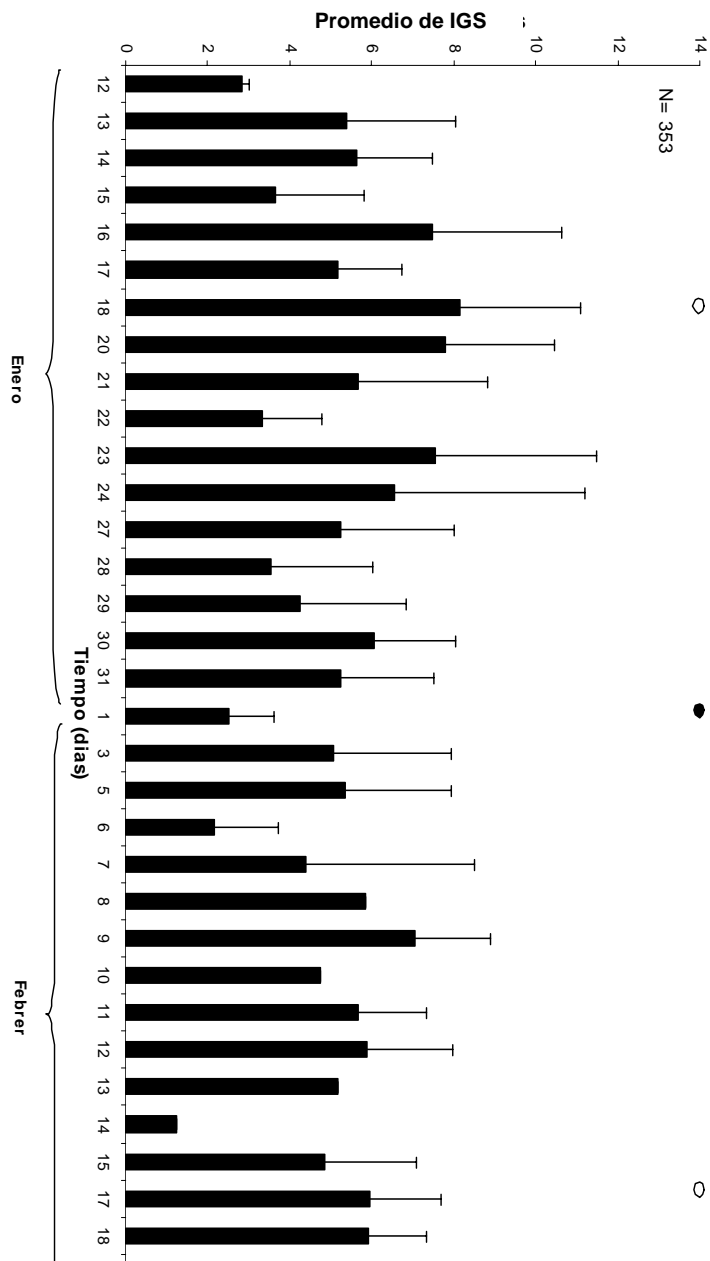


Figura 3. Valor promedio de Índice Gonadosomático y desviación estándar para los ovarios de las hembras capturadas entre el 12 de enero y el 20 de febrero de 2003. Los círculos claros representan la luna llena y el oscuro a la luna nueva. Las barras representan los valores de desviación estándar.

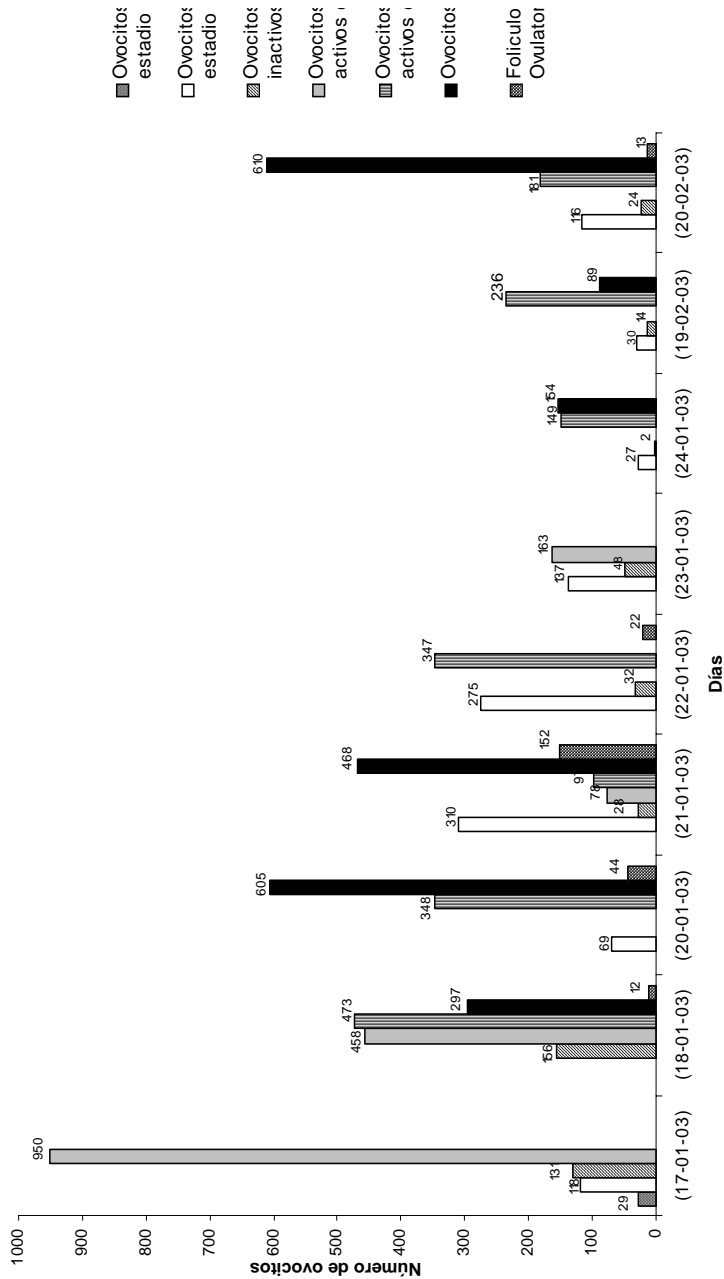


Figura 4. Histogramas de descripción microscópica de los ovocitos presentes en las gónadas de las hembras de *E. guttatus*, realizadas entre el 17 al 24 de enero y del 19 al 20 de febrero de 2003. Los números sobre las barras indican el numero de ovocitos contados en sus respectivos estadios.

Para estimar la fecundidad potencial anual y relativa se utilizaron ovarios de hembras maduras a partir de la talla a la cual madura el 50% de la población, descartando todas aquellas que fueron capturadas después del 17 de enero y 17 de febrero, ya que a nivel histológico sus gónadas presentaron signos de haber desovado y las invalida para este tipo de análisis.

En general, la fecundidad potencial anual reflejó un valor promedio de $1.470.803 \pm 176.356,81$ ovocitos (Tabla 2). Sin embargo, la fecundidad potencial anual en el mes de enero osciló entre 547.912 y 4.170.310 óvulos con una media de $1.638.770 \pm 176.213,89$ óvulos. Es de hacer notar que la hembra de mayor talla capturada fue la misma que exhibió mayor valor de fecundidad potencial anual. La fecundidad potencial en el mes de febrero fue menor que la de enero y varió entre 340.767 y 2.278.187 óvulos, con una media de $1.278.842 \pm 176.520,14$ óvulos (Tabla 2).

DISCUSIÓN

Al comparar la estructura de tallas de las hembras capturadas en los meses de enero y febrero, se observó que las primeras fueron significativamente más grandes que las segundas. Esta diferencia, que no había sido reportada previamente por los otros autores que han trabajado con la especie, parece sugerir que son las hembras de mayor tamaño las que podrían estar dominando el desove en el mes de enero, quedando relegadas las de menor talla a desovar en febrero. Sin embargo, no se puede obviar el efecto de pesca sobre la población, ya que dicho comportamiento también fue observado en los machos. No obstante, se considera que la presión ejercida sobre el recurso es limitada en la zona y pareciera ser poco probable que la misma pudiese estar removiendo predominantemente a los individuos grandes de la población durante la actividad pesquera del mes de enero.

La hembra de menor talla con gónadas maduras fue de 270 mm LT. Este valor se encuentra por encima de lo registrado por Thompson y Munro (1978), así como por Bullock y Smith (1991) en Falfan (2003), quienes encontraron hembras de *E. guttatus* maduras de entre los 240 y 250 mm de LT. Por su parte, Cervigón (1991) reporta que las hembras de esta especie comienzan a reproducirse a partir de los 260 mm de LT.

Por su parte, la talla a la cual se estimó madura el 50% de la población de hembras fue de 380 mm de LT. Este resultado fue significativamente mayor al observado por Sadovy et al. (1994), quien reporta una talla de madurez de 215 mm de LT. La menor hembra descrita macroscópicamente por esta autora como madura fue de 195 mm de LT. La diferencia entre ambos valores posiblemente pueda estar influida por la excesiva explotación pesquera a que ha sido sometida la población de esta especie en Puerto Rico (Sadovy et al. 1994), a diferencia de la estudiada en este trabajo.

Según la observación macroscópica realizada en los ovarios de *E. guttatus* se encontró una clara dominancia de hembras cuyas gónadas se encontraban maduras y maduras activas. Esto es el reflejo de una clara cercanía a un evento de desove en el periodo comprendido entre los meses de enero y febrero, lo cual ya había sido reportado por otros autores trabajando en el área del Caribe (Thompson y Munro 1978, Pérez-Villarroel 1982, Sadovy et al. 1994).

Tabla 2. Valores de fecundidad potencial anual (F.P.A) de hembras de *E. guttatus* capturadas entre el 14 al 17 de enero y del 11 al 17 de febrero del 2003 en el Parque Nacional Archipiélago los Roques (LT = Longitud total, PT = Peso total, PG = Peso de la gónada, D.E = Desviación Estándar, IGS = Índice Gonadosomático. Las letras resaltadas en negritas en el sub. total y total indican los valores promedios.

Nº	Día	LT (mm)	PT (gr)	PG (gr)	F.P.A	D. E	IGS
1	14/01	395	850	26,5	560.031	106713,22	3,12
2	14/01	380	710	26,5	547.912	117160,43	3,73
3	14/01	420	1400	108,4	2.115.190	234418,07	7,74
4	14/01	473	1400	112	1.819.067	185738,02	8,00
5	14/01	418	1400	51,5	838.878	80835,38	3,68
6	15/01	440	1600	81,2	1.360.852	413655,20	5,08
7	15/01	420	930	58,1	943.633	56739,47	6,25
8	16/01	485	1700	163,2	2.977.628	239156,14	9,60
9	16/01	405	750	91	1.157.118	107742,31	12,13
10	16/01	520	2100	234,5	4.170.310	226790,60	11,17
11	16/01	461	1400	131,4	2.300.847	366674,79	9,39
12	16/01	440	1300	115,6	2.005.620	248128,82	8,89
13	17/01	420	1100	49,1	1.114.297	175337,98	4,46
14	17/01	420	1100	57,1	1.157.275	92358,85	5,19
15	17/01	460	1600	95,4	1.7085.57	44903,64	5,96
16	17/01	470	1200	78,6	1.443.109	123069,40	6,55
Sub. Total Enero					1.638.770	176.213,89	

Nº	Día	LT (mm)	PT (gr)	PG (gr)	F. P. A.	D. E.	IGS
1	11/02	423	1400	94,41	1.698.818	162.059,24	6,74
2	11/02	400	1000	65,26	1.120.018	570.98,03	6,53
3	11/02	390	810	49,61	976.200	191.807,96	6,12
4	11/02	440	1200	45	1.000.500	120.271,57	3,75
5	12/02	385	710	27,4	613.463	101.694,82	3,86
6	12/02	450	1000	79,13	1.454.898	362.859,15	7,91
7	12/02	410	950	64,55	1.348.158	365.817,64	6,79
8	12/02	470	1600	115,84	2.278.187	565.405,22	7,24
9	13/02	410	900	46,58	1.679.879	113.421,63	5,18
10	14/02	390	650	80,9	1.112.934	278.29,78	12,45
11	15/02	470	1300	86,49	1.482.651	123.173,02	6,65
12	15/02	465	1500	83,5	1.328.605	59.672,57	5,57
13	15/02	400	950	15,58	340.767	65.250,11	1,64
14	17/02	390	950	66,14	1.468.709	154.921,20	6,96
Sub. Total Febrero					1.278.842	176.520,14	
Total					1.470.803	176.356,81	

Estos resultados se pueden apreciar con mayor grado de exactitud al examinar los valores promedios de IGS tanto en el presente trabajo (los cuales fueron establecidos en una base de muestreo diaria), como en los de Pérez-Villarroel (1982) y Shapiro et al. (1993) trabajando con muestreos mensuales o Sadovy et al. (1994) trabajando con una base muestral semanal, lo que permite concluir que esta especie desova de manera predominante en los días alrededor de las lunas llenas de enero y febrero. Esta sincronía de desove con las fases lunares ha sido reportada para varias familias de peces, tales como: Serranidae, Carangidae, Lutjanidae, Pomacentridae y Acanthuridae. Por su parte, Taylor (1984) sugiere que la luz de la luna pudiera mejorar o favorecer las condiciones para la puesta, aumentando las probabilidades de sobrevivencia de huevos, larvas pelágicas y adultos.

Sin embargo, para poder precisar la frecuencia de desove, los días que dura esta actividad y cual es el tipo de desove que presenta la especie (parcial o total) es necesario recurrir al análisis diario de la distribución de frecuencia de diámetro de los ovocitos, así como a la observación microscópica de los cortes histológicos de los ovarios. Mediante este procedimiento se estableció la existencia de dos grupos de ovocitos, cuyos diámetros variaban de 0,3 a 0,6 mm (ovocitos maduros) y de 0,7 a 1,29 mm (ovocitos hidratados). Estos resultados coinciden con lo registrado por Thompson y Munro (1978) para la especie, quienes señalan que el diámetro de los ovocitos vitelogénicos destinados a la puesta durante esa temporada reproductiva se encuentra entre 0,7 y 0,9 mm. Por su parte, Colin et al. (1987) igualmente señalan que los óvulos hidratados de *E. guttatus* son de forma esférica y el diámetro máximo alcanza 0,97 mm.

Uno de los aspectos relevantes del trabajo histológico en base diaria es que permite establecer con bastante precisión el momento del inicio y fin de determinado evento reproductivo. En ese sentido se pudo apreciar que el proceso de ovogénesis se desarrolla de manera sincrónica, hasta llegar el momento de la hidratación. Según los resultados del presente estudio, la evolución sincrónica de la ovogénesis alcanza su máxima definición durante el día de luna llena de enero y febrero, lo cual también coincide con los días en que se observan los mayores valores promedio de IGS y la descripción macroscópica revela la presencia de una mayor proporción de hembras maduras activas.

Sin embargo, el procedimiento histológico refleja que el proceso de ovulación o hidratación de los ovocitos es de tipo asincrónica, lo cual explica la presencia, en una misma gónada de óvulos en estadio maduro avanzado, junto con óvulos hidratados y folículos post-ovulatorios. En todo caso, el presente estudio señala que la totalidad del proceso se extiende por unos cuatro días (máximo 6), desde el momento en que aparecen los primeros ovocitos hidratados hasta que desaparece el último folículo post-ovulatorio.

Queda entonces claro que un individuo de esta especie puede presentar desoves parciales a lo largo de los días que dura el ciclo reproductivo lunar. Esto tiene una explicación inclusive fisiológica, ya que existe una limitación física que impide la hidratación simultánea de todos los óvulos, evitando así la expansión exagerada de la cavidad abdominal e interfiriendo con otros órganos o procesos vitales (Murua y Saborido-Rey 2003).

La existencia de un espacio o hiato entre los ovocitos maduros (destinados a la puesta en la temporada reproductiva) y los ovocitos inmaduros (que se pueden apreciar en esa categoría de diámetro a lo largo del todo el año), sumando a los análisis histológicos de las gónadas, permiten concluir que la mayoría de los ovocitos vitelogénicos destinados a la puesta son establecidos al inicio de la temporada reproductiva y que la fecundidad de la especie es determinada.

Esto coincide con la evidencia recabada en estudios previos. Sadovy et al. (1994) fue la primera en concluir esto, basándose en la descripción macroscópica de los ovarios y la medición de los óvulos maduros (vitelogénicos). Por su parte, Falfán (2003) concluye la existencia del tipo de fecundidad determinada basándose en la presencia, como en este estudio, de un espacio existente entre la distribución de diámetros de los ovocitos inmaduros y las maduras destinado a la puesta.

Lo que no queda claro con el presente estudio, ni tampoco mediante el análisis de estudios previos es si una determinada hembra libera sus óvulos a lo largo de ciclos lunares continuos o lo hace en el transcurso de uno solo de estos eventos. Según Watanabe et al. (1995) y Head et al. (1996), hembras de *E. striatus* tratados con hormonas para asegurar el proceso de ovulación, fueron capaces de desovar de forma consecutiva a lo largo de la estación reproductiva, a intervalos no menores de 28 días entre estas. De acuerdo a Watanabe (Comm. pers.), el remanente de ovocitos maduros que permanece en el ovario de una hembra después del primer evento reproductivo no permite explicar el elevado número de óvulos que será desovado en el segundo ciclo, lo cual hace sospechar que existe el reclutamiento de nuevos ovocitos maduros a partir del stock previtelogénico y el tipo de fecundidad sería indeterminado.

El presente estudio no comparte este punto de vista, pues considera que la manipulación con hormonas podría haber alterado el desarrollo normal de la ovogénesis en las hembras de esta especie. Sin embargo, recomienda altamente el seguimiento de individuos particulares a lo largo de toda una temporada reproductiva, a fin de cuantificar de manera directa el número de ovocitos que se libera en cada puesta y si lo hace de manera consecutiva o exclusiva a lo largo de los ciclos lunares del periodo reproductivo.

En este sentido, Luckhurst (Comm. pers.) ha realizado estudios de marcaje y recaptura en individuos de *E. guttatus* en Bermuda, habiendo podido determinar la presencia de estos en una agregación a lo largo de dos periodos reproductivos continuos. Lo que su diseño experimental no le ha permitido establecer es el sexo de esos individuos o si habían estado participando de manera activa y consecutiva en los mismos.

Partiendo del hecho que la fecundidad es de tipo determinada, la fecundidad potencial anual de esta especie en aguas del Parque Nacional Archipiélago Los Roques osciló entre 340.767 y 4.170.310 óvulos ($n = 30$). Es de hacer notar que el valor promedio de la fecundidad potencial anual del mes de febrero es inferior a la del mes de enero, pudiendo esto atribuirse a que en febrero desovan las hembras de menor talla o que las hembras grandes ya habían liberado un lote de óvulos durante la agregación del mes de enero.

En este sentido es recomendable que para futuros estudios de dinámica poblacional y/o el establecimiento de modelos pesqueros se utilicen los valores

del mes de enero, ya que no hay garantía de que alguna de las hembras utilizadas para estimar fecundidad en febrero, no hayan liberado una buena parte de sus óvulos previamente.

Los valores de fecundidad potencial anual registradas en el presente estudio son similares a los encontrados por Falfán (2003) en Banco Campeche, los cuales oscilaron entre 721.776 y 3.087.331 óvulos ($n = 36$) para hembras cuyas tallas estuvieron entre 320 y 440 mm respectivamente. Por su parte, Sadovy (1993) reporta valores de fecundidad, en aguas de Puerto Rico, que variaron entre 89.870 y 1.189.317 óvulos ($n = 16$), aunque esta autora trabajó con hembras en un intervalo de tallas inferior al utilizado en el presente trabajo (206 y 483 mm de L.T).

Por su parte, Thompson y Munro (1978) reportaron para Jamaica valores de fecundidad que oscilaron entre 96.982 y 379.350 óvulos ($n = 6$), pero se desconoce si las hembras utilizadas en dicho trabajo, cuyos tallas variaron entre 260 y 410 mm de L.T, estaban cercanos al pico reproductivo. Se conoce que la talla es determinante en el número de óvulos que puede contener un ovario, siendo este, como hemos visto, mayor a medida que el pez sea más grande (Bagenal 1967). Además, pueden existir variaciones de fecundidad entre diferentes localidades en función de la época del año en que se realizó el muestreo, la disponibilidad de alimento, el estrés, la temperatura del agua y otros factores ambientales (Bagenal 1967).

LITERATURA CITADA

- Bagenal, T.B. 1967. A short review of fish fecundity. Pages 89-110 in: S.D. Gerkin (ed.). *The Biological Basis of Fresh Water Fish Production*. Blackwell Scientific Publications. Oxford, England.
- Bulla, L. [2003]. Técnicas Cuantitativas. El análisis de residuos en tablas de contingencia. Material mecanografiado. IESA, Caracas, Venezuela. 8 pp.
- Cervigón, F. 1991. *Los Peces Marinos de Venezuela. Vol I. 2da. Edición*. Fundación Científica Los Roques, Caracas, Venezuela. 423 pp.
- Colin, P.L., D.Y. Shapiro, and D. Weiler. 1987. Aspects of the reproduction of two groupers, *Epinephelus guttatus* and *E. striatus* in the West Indies. *Bulletin of Marine Science* **40**:220-230.
- Falfán, V.E. 2003. Estudio de la fecundidad del mero colorado *Epinephelus guttatus* (Linnaeus, 1758) del Banco de Campeche. Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Trabajo Especial de Grado. Universidad de Mérida, Mérida, México.
- Head, W.D., W. Watanabe, S.C. Ellis, and E.P. Ellis. 1996. Hormone induced multiple spawning of captive Nassau grouper broodstock. *Progressive Fish Culturist* **58**:65-69.
- Htun-Han, M. 1978. The reproductive biology of the dab *Limanda limanda* (L.) in the North Sea: gonosomatic index, hepatosomatic index and condition factor. *Journal of Fisheries Biology* **13**(3):369-378.

- Hunter, R.J. and B.J. Macewicz. 1985. Measurement of spawning frequency in multiple spawning fishes. Pages 79-94 in: R. Lasker (ed.). *An Egg Production Method for Estimating Spawning Biomass of Pelagic Fish: Application to northern anchovy, Engraulis mordax*. NOAA. Tech. Rep. NMFS 36.
- Hunter, R.J., B.J. Macewicz., N.C. Lo, and C.A. Kimbrell. 1992. Fecundity, spawning, and maturity of female dover sole *Microstomus pacificus*, with an evaluation de assumptions and precision. *Fisheries Bulletin U.S.* **90**:101-128.
- Murua, H. and F. Saborido-Rey. 2003. Female reproductive strategies of marine fish species of the north atlantic. *Journal of Northwest Atlantic Fisheries Science* **33**:23-31.
- Pérez-Villarroel, A.J. [1982]. Desarrollo gonadal en el mero tofia *Epinephelus guttatus* L: (Serranidae). Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- Prager, M.H., J.F. O'Brian, and S.B. Saila. 1987. Using lifetime fecundity to compare management strategies: a case history for strip bass. *North American Journal of Fish Management* **7**:403-409.
- Sadovy, Y. [1993]. Spawning Stock Biomass per Recruit: *Epinephelus guttatus* (Puerto Rico). Caribbean Fisheries Management Council. Unpubl. MS.
- Sadovy, Y., A. Rosario, and A. Roman. 1994. Reproduction in an aggregating grouper, the red hind, *Epinephelus guttatus*. *Environmental Biology of Fishes* **41**:269-286.
- Shapiro, D.Y., Y. Sadovy, and M.A. McGehee. 1993. Periodicity of sex change and reproduction in the red hind, *Epinephelus guttatus*, a protogynous grouper. *Bulletin of Marine Science* **53**(3):1151-1162.
- Sokal, R.R. and F.J. Rohlf. 1995. *Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research, 3rd Edition*. W. H. Freeman and Co., New York, New York USA. 887 pp.
- Taylor, H.M. 1984. Lunar Synchronization of fish reproduction. *Transactions of the American Fisheries Society* **113**:484-493.
- Thompson, R. and J.L. Munro. 1978. Aspects of biology and ecology of Caribbean reef fishes: Serranidae (hinds and groupers). *Journal of Fish Biology* **12**:115-146.
- Watanabe, W.O., S.C. Ellis., E.P. Ellis., W.D. Head., C.D. Kelley., A. Moriwade., C-S. Lee., and P.K. Bienfang. 1995. Progress in controlled breeding of Nassau grouper (*Epinephelus striatus*) broodstock by hormone induction. *Aquaculture* **138**:205-219.

BLANK PAGE